【基盤研究（S）】

大区分Ｃ

研究課題名　堅牢な分子識別センサエレクトロニクスの学術基盤創成

九州大学・先導物質化学研究所・教授　柳田（やなぎだ）　剛（たけし）

研究課題番号：18H05243　研究者番号：50420419
キーワード：分子識別、エレクトロニクス、ナノ材料

【研究の背景・目的】

我々の身の回りの情報を“長期的”に計測し、サイバー空間に蓄積するセンサエレクトロニクスが新しい学術と産業を切り拓きつつある。現状では、堅牢（頑強）な“物理”センサがその研究の主流であるが、“化学”的な分子の情報（生体ガス等）を長期的に“電気”識別する分子センサエレクトロニクスは未だ極めて限定的である。本研究では、身の回りの実空間とサイバー空間との化学情報の架け橋となる“堅牢な分子センサエレクトロニクス”を、分子識別機能を有する金属酸化物ナノワイヤ界面と集積化ハイブリッド分子センサにより開拓する。申請者が展開してきた①酸化物ナノワイヤの結晶成長制御技術と分子識別機能を持つナノワイヤ表面の形成技術、②酸化物ナノ構造をシリコン基板上でデバイス集積化する微細加工技術を駆使して、①により“ナノワイヤ表面に分子形状を記憶”させた堅牢な分子識別機能を創出し、②によりシリコン基板上における酸化物ナノワイヤ構造とセンサとの集積化ハイブリッド分子センサを創製する。

【研究の方法】

呼気中の揮発性分子群をターゲットとして、①官能基（アルコール、アルデヒド、ケトン、カルボン酸、アミン）、②分子量、③構造異性体、④芳香族に関して分子を変化させた系に対する酸化物ナノワイヤ表面の分子認識能を検証する。検証手法としては、これらの分子骨格パラメータが分子認識能（GC-MS 脱離スペクトル解析）に与える影響を、その固体表面構造（TEM 解析、ラマン分光）と分子吸着状態（赤外分光 pMAIRS 法）に関する情報を加味して検証する。異なるアプローチとして、コア／シェルナノワイヤ構造のシェル層形成時にターゲット分子を介在させ、その分子形状を記憶させたナノワイヤ表面を形成する。この手法では、異方性結晶成長の枠組みを超えたより幅広い結晶成長雰囲気で実験を行うことが可能となり、その適用可能な分子種の範囲を拡張させることが期待される。また、温度依存性を調べることで、ナノワイヤ分子識別機能の堅牢性とそのメカニズムを検証する。堅牢性を担う材料物性は、酸化物において、金属イオンと酸素イオンの結合エネルギーである。分子認識機能を有する酸化物ナノワイヤを、空間選択的な結晶成長技術を駆使して、シリコン基板上で集積化ハイブリッド分子センサとして形成する。同一基板上で i) 分子認識機能を有した分子捕集部としての酸化物ナノワイヤ構造と ii)電流検知センサ部を、マイクロ／ナノスケールでハイブリッドアレイ化した構造である。分子認識能に関しては、脱離温度に加えて吸着温度の制御による認識能の向上も検討する。前述のターゲット分子混合物に対して作製された種々の集積化ハイブリッド分子センサを用いて、電気的な分子識別を行う。酸化物ナノワイヤ表面における分子識別能とセンサ部における識別能を掛け合わせることで更なる分子識別能の向上を実証する。

【期待される成果と意義】

“堅い”酸化物ナノ表面によって“柔らかい”分子形状を識別する研究分野へと波及し、センサ研究に留まらずに分子選択的な触媒研究分野への幅広い波及効果が期待される。その堅牢性を利用することによって、スマートフォン等で常時呼気診断を可能にする IoT 分子センサへの展開が大きな産業展開としてある。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・Nanoscale Thermal Management of Single SnO_2 Nanowire: pico-Joule Energy Consumed Molecule Sensor, G.Meng, F.Zhuge, K.Nagashima, A.Nakao, M.Kanai, Y.He, M.Boudot, T.Takahashi, K.Uchida and T.Yanagida, ***ACS Sensors***, 1, 997 (2016).
・Long-Term Stability of Oxide Nanowire Sensors via Heavily-Doped Oxide Contact, H.Zeng, T.Takahashi, M. Kanai, G.Zhang, Y.He, K.Nagashima and T.Yanagida, ***ACS Sensors***, 2, 1854 (2017). *Cover of ACS Sensors*

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度－34 年度
150,200 千円

【ホームページ等】

https://yanagida.weebly.com/